

VŠB - Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra částí a mechanismů strojů

Míchačka suchých směsí

Mixer of Dry Mixtures

Student:

Bc. Pavel Cieslar

Vedoucí diplomové práce:

doc. Ing. Květoslav Kaláb, Ph.D.

Ostrava 2017

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Pavel Cieslar**
Studijní program: **N2301 Strojní inženýrství**
Studijní obor: **3909T001 Konstrukční a procesní inženýrství**
Specializace: **40 Konstrukce strojních dílů a skupin**
Téma: **Míchačka suchých směsí**
Mixer of Dry Mixtures
Jazyk vypracování: **čeština**

Zásady pro vypracování:

Navrhněte kontinuální míchačku pro přípravu směsí ze suchých pytlovaných maltových směsí na bázi cementu do zrnitosti 4 mm s vodou (např. zdicích, spárovacích a omítkových malt, vyrovnávacích hmot, lepicích, armovacích a izolačních malt apod.). Míchačka bude mít lehkou přenosnou konstrukci s pojízdným podvozkem, aby se mohla používat při zdění, zpracování jemného betonu (potěru), kladení podlah, omítání, lepení obkladaček nebo při použití speciálních druhů omítek. Směšovací výkon 25 až 40 l/min. Nakreslete sestavu a dílenské výkresy dvou vybraných dílů.

Seznam doporučené odborné literatury:

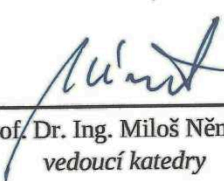
BOLEK, A., KOCHMAN, J. a kol. *Části strojů I,II*. Praha: SNTL, 1989. 776s. ISBN 80-03-0046-7.
MARŠÁL, P. *Stavební stroje*. Skripta. Brno: CERM. 2004. 206 s. ISBN 80-214-2774-4.
MORAVEC, V., HAVLÍK, J. *Výpočty a konstrukce strojních dílů*. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2008. 72 s. ISBN 978-80-248-0878-9.
SHIGLEY, J., E., MISCHKE CH., R., BUDYNAS R., G. *Konstruování strojních součástí*. Brno: VUTUM, 2010. 1186 s. ISBN 978-80-214-2629-0.
Hlavní katalog SKF, popř. ZKL.


Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. Květoslav Kaláb, Ph.D.**

Datum zadání: 09.12.2016

Datum odevzdání: 15.05.2017


prof. Dr. Ing. Miloš Němček
vedoucí katedry

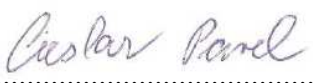

doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty



Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě dne 15.05.2017

Handwritten signature of Lukáš Pávek in blue ink, written over a dotted line.

podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že diplomová práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě dne 15.05.2017



.....
podpis

Jméno a příjmení autora práce:

Bc. Pavel Cieslar

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Bukovec 324; 739 85 Bukovec

ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

CIESLAR, P. *Míchačka suchých směsí : diplomová práce*. Ostrava : VŠB - Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra částí a mechanismů strojů, 2017, 49 s. Vedoucí práce: Kaláb, K.

Tato práce se zabývá konstrukčním návrhem kontinuální míchačky. V úvodu je rozebrána problematika míchání a míchacích strojů. Následně je proveden průzkum kontinuálních míchaček na trhu, kde podstatným srovnávacím parametrem je směšovací výkon. Hlavní část práce tvoří konstrukční návrh, ve kterém se řeší rozměry šneku, míchadla, pohon, přenos krouticího momentu, uložení hřídelí a návrh nosného rámu. Pro nejvíce namáhané součásti je provedena pevnostní kontrola. Nakonec je uveden návod na údržbu míchačky.

ANNOTATION OF MASTER THESIS

CIESLAR, P. *Mixer of Dry Mixtures : Master Thesis*. Ostrava : VŠB - Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Machine Parts and Mechanisms, 2017, 49 p. Thesis head: Kaláb, K.

This work deals with the design of continuous mixer. In the introduction is described problematics of mixing and mixing machines. Next part of master thesis is focused on research of continuous mixer on the market, where the main parameter is a mixing performance. The main part of the thesis is a structural design, which is focused on dimensions of worm wheel, stirrer, drive, transmit torque, shafts and frame design. A stress analysis is performed on the most stressed part. Finally, there are instructions for maintaining the mixer.

SEZNAM POUŽITÝCH ZNAČEK A SYMBOLŮ.....	8
ÚVOD.....	11
1. PROBLEMATIKA MÍCHÁNÍ.....	12
1.1 Typy míchacích procesů	12
1.1.1 Mechanické míchání	12
1.1.2 Pneumatické míchání	13
1.1.3 Hydraulické míchání.....	14
1.1.4 Míchání v potrubí.....	14
2. STROJE PRO MÍCHÁNÍ STAVEBNÍCH SMĚSÍ.....	15
2.1 Rozdělení.....	15
2.2 Stavební směsi.....	16
3. KONTINUÁLNÍ MÍCHAČKY VE STAVEBNICTVÍ	17
3.1 Princip míchání	17
3.2 Průzkum na trhu	18
3.2.1 Kontinuální míchačka Calypso D30	18
3.2.2 Kontinuální míchačka KM 40.....	19
3.2.3 Kontinuální míchačka HM 24.....	20
4. KONSTRUKČNÍ NÁVRH KONTINUÁLNÍ MÍCHAČKY	21
4.1 Popis konstrukčního řešení kontinuální míchačky.....	21
4.2 Určení rozměrů šnekového dopravníku	22
4.2.1 Průměr šneku	22
4.2.2 Určení průměru hřídele šneku.....	23
4.3 Stanovení rozměrů míchadla.....	24
4.4 Návrh pohonu míchačky	25
4.4.1 Výkon pro pohon míchadla.....	25
4.4.2 Potřebný výkon pro pohon šneku	27
4.4.3 Celkový potřebný výkon elektromotoru	27

4.4.4	Volba elektromotoru	28
4.5	Kontrola skutečného dopravovaného množství	29
4.5.1	Skutečný dopravní výkon	29
4.5.2	Rozdíl mezi skutečným a požadovaným dopravním výkonem	29
4.6	Návrh spojky	30
4.6.1	Kontrola spojky na krut	30
4.7	Návrh způsobu přenosu M_k z hřídele šneku na hřídel míchadla	31
4.7.1	Pevnostní kontrola rovnobokého drážkování	32
4.8	Uložení hřídelí	34
4.8.1	Výpočet axiální síly	35
4.8.2	Výpočet radiální síly	36
4.8.3	Kontrola kluzného ložiska z hlediska měrného tlaku	37
4.9	Návrh rámu kontinuální míchačky	38
4.9.1	Pevnostní kontrola rámu	39
5.	PEVNOSTNÍ KONTROLA LOPATEK MÍCHADLA	41
5.1	Pevnostní kontrola natočené lopatky	41
5.1.1	Tlak působící na natočenou lopatku	41
5.2	Pevnostní kontrola rovnoběžné lopatky	43
5.2.1	Tlak působící na rovnoběžnou lopatku	43
6.	ÚDRŽBA MÍCHAČKY	45
7.	ZÁVĚR	46
8	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	47
9	SEZNAM PŘÍLOH	49

SEZNAM POUŽITÝCH ZNAČEK A SYMBOLŮ

B	[mm]	Šířka ložiska
B ₁	[mm]	Šířka příruby ložiska
b ₁	[mm]	Šířka natočené lopatky
b ₂	[mm]	Šířka kolmé lopatky
b ₃	[mm]	Výpočtová délka rovnoběžné části lopatky
C _H	[-]	Korekční součinitel
D	[mm]	Vnější průměr kluzného bronzového ložiska
d	[mm]	Vnitřní průměr kluzného bronzového ložiska
D ₁	[mm]	Průměr příruby ložiska
D _r	[mm]	Vnější průměr rovnobokého drážkování hřídele
d _r	[mm]	Vnitřní průměr rovnobokého drážkování hřídele
D _s	[mm]	Vnější průměr spojky
d _s	[mm]	Rozměr hřídele a pera
D _{sr}	[mm]	Střední průměr rovnobokého drážkování
D _š	[mm]	Vnější průměr šneku
d _š	[mm]	Průměr hřídele šneku
F _{ac}	[N]	Celková axiální síla působící na ložisko
F _{am}	[N]	Axiální síla od posouvání materiálu míchadlem
F _{aš}	[N]	Axiální síla od posouvání materiálu šnekem
F _g	[N]	Síla od hmotnosti míchadla
F _{kn}	[N]	Síla působící na natočenou lopatku
F _{kn8}	[N]	Síla od osmi natočených lopatek
F _{kr}	[N]	Síla působící na rovnoběžnou lopatku
F _o	[N]	Obvodová síla působící na rovnoboké drážkování
F _{rc}	[N]	Celková radiální síla působící na ložisko
f _r	[mm]	Velikost sražení hran zubů rovnobokého drážkování
g	[ms ⁻²]	Tíhové zrychlení
h	[mm]	Dopravní výška
k _p	[-]	Součinitel navýšení výkonu
k _r	[Nm ⁻²]	Měrný odpor míchání
l _r	[mm]	Délka rovnobokého drážkování
l _v	[mm]	Vodorovná dopravní vzdálenost

M_k	[Nm]	Krouticí moment na výstupu z převodovky
M_{kn}	[Nm]	Krouticí moment pro otáčení lopatek natočených pod úhlem 30°
M_{kr}	[Nm]	Krouticí moment pro otáčení rovnoběžných lopatek
M_s	[Nm]	Krouticí moment pro pohon šneku
n	[s ⁻¹]	Otáčky šneku
n_m	[s ⁻¹]	Výstupní otáčky z převodovky
n_k	[-]	Počet kolmých částí rovnoběžných lopatek
n_n	[-]	Počet natočených lopatek
n_r	[-]	Počet rovnoběžných částí rovnoběžných lopatek
P	[W]	Celkový potřebný výkon elektromotoru
p_a	[MPa]	Měrný tlak působící na ložisko v axiálním směru
p_D	[MPa]	Dovolený tlak mezi drážkami rovnobokého drážkování
p_{DI}	[MPa]	Měrný dovolený tlak bronzového kluzného ložiska
p_{kn}	[MPa]	Tlak působící na natočenou lopatku
p_{kr}	[MPa]	Tlak působící na rovnoběžnou lopatku
P_m	[W]	Potřebný výkon pro pohon míchadla
p_r	[MPa]	Měrný tlak působící na ložisko v radiálním směru
p_{r1}	[MPa]	Tlak mezi drážkami rovnobokého drážkování
P_s	[W]	Potřebný výkon pro pohon šneku
Q_s	[m ³ h ⁻¹]	Objemový dopravní výkon směsi
Q_{sd}	[m ³ h ⁻¹]	Skutečný dopravní výkon
Q_v	[m ³ h ⁻¹]	Zadaný směšovací výkon
r_1	[mm]	Poloměr hřídele míchadla
r_2	[mm]	Poloměr vnější částí míchadla
r_3	[mm]	Vnitřní poloměr opisovaný rovnoběžnou částí lopatky
R_s	[mm]	Účinný poloměr šneku
s	[mm]	Stoupání šneku
S_{kn}	[mm ²]	Plocha natočené lopatky
S_{kr}	[mm ²]	Plocha rovnoběžné lopatky
t_1	[mm]	Hloubka drážky pro pero
w	[-]	Celkový součinitel odporu
z_r	[-]	Počet zubů rovnobokého drážkování
α	[°]	Úhel natočení lopatky

α_s	[°]	Úhel stoupání šneku
ΔQ	[m ³ h ⁻¹]	Rozdíl mezi skutečným a požadovaným dopravním výkonem
γ	[kgm ⁻³]	Sypná objemová hmotnost materiálu
ψ	[-]	Součinitel plnění žlabu
σ_{Do}	[MPa]	Dovolené napětí v ohybu lopatky
σ_{on}	[MPa]	Napětí v ohybu působící na natočenou lopatku
σ_{or}	[MPa]	Napětí v ohybu působící na rovnoběžnou lopatku
τ_{Dk}	[MPa]	Dovolené napětí v krutu pro spojku
τ_k	[MPa]	Napětí v krutu působící na spojku
ϕ_s	[°]	Sypný úhel

ÚVOD

Míchací stroje se používají snad v každém odvětví průmyslu. Nejčastěji v chemickém, stavebním a potravinářském. Při návrhu se vychází z hlediska zpracování materiálu - zda bude probíhat mísení pevných zrnitých materiálů nebo míchání v kapalném prostředí. Podstatnými parametry pro konstrukci jsou otáčky a příkon.

Ve stavebnictví je hned několik typů míchacích strojů. Na velké stavby jsou určeny autodomíchávače, které slouží pro přepravu čerstvé betonové směsi z betonárny. Jejich funkční část se skládá z bubnu, na kterém je z vnitřní strany umístěná šroubovice. Ta umožňuje stálé míchání betonu při přepravě a taky dostává směs z bubnu ven. Pro menší stavby se používají různé míchačky a míchadla, kde se buď otáčí buben a míchadlo je pevné nebo naopak. Mezi nejznámější a nejpoužívanější patří bubnová stavební míchačka, kterou lze nalézt snad na každé stavbě.

Cíle diplomové práce

S ohledem na splnění zadání diplomové práce byly stanoveny tyto následující cíle:

- Rozebrat problematiku míchání a míchacích strojů
- Udělat průzkum kontinuálních míchaček na trhu
- Vytvořit konstrukční návrh
- Provést pevnostní kontrolu namáhaných součástí
- Navrhnout způsob údržby míchačky

1. PROBLEMATIKA MÍCHÁNÍ

Míchání probíhá v různých zařízeních odlišnými způsoby. Může se dít samovolně nebo uměle. Samovolně znamená, že míchání látky je vyvoláno rozdílem difuzí molekul nebo rozdílem hustoty. Vynuceným mícháním se rozumí takové, kdy je uměle vytvořen pohyb míchacího zařízení.

Úkolem míchání je vytvoření různých suspenzí a emulzí, homogenizací směsí či roztoků, intenzifikaci procesu nebo reakcí. Při homogenizaci roztoků dochází k dokonalému promíchání dvou či více složek. Tím se v objemu sníží koncentrační nebo tepelné gradienty. Během intenzifikace procesu vzniká urychlení fyzikálních a chemických reakcí jako je výměna tepla, rozpouštění a krystalizace.

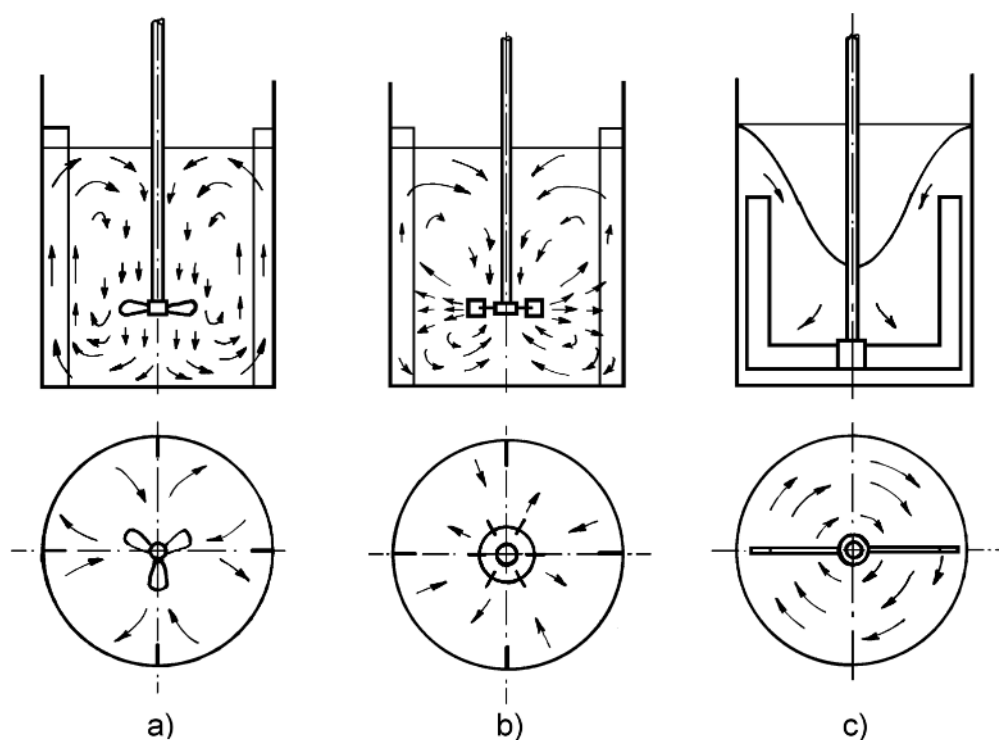
1.1 Typy míchacích procesů

Rozlišujeme míchání mechanické, pneumatické, hydraulické a míchání v potrubí.

1.1.1 Mechanické míchání

Nejčastější a nejrozšířenější způsob míchání. Provádí se ve válcových nádobách s rovným nebo klenutým dnem. Příkladem může být míchání v reaktorech, krystalizátorech či míchačkách. Samotné míchací zařízení se skládá z několika prvků. Z hřídele, míchadel a nádob. Hřídel je obvykle situována ve středu válcové nádoby, nicméně může být také umístěna z boku, či šikmo. Na ní jsou pevně uchyceny míchadla. Přes míchadla se předává mechanická energie a hybnost okolní tekutině.

Princip spočívá v turbulentním víření okolo míchadel. Toho se dosáhne tehdy, když se lopatka míchadla otáčí a tlačí před sebou kapalinu. V místě za lopatkou vznikne podtlak. Ten se vyrovnává přisátím kapaliny z okolí. Pokud se zvyšují otáčky míchadel, roste odstředivá síla, která působí radiálně od středu míchadla ke stěnám nádoby. Díky tomu kolem míchadel opět vzniká podtlak, který se zase vyrovná přisátím kapaliny z okolí. Zkombinováním těchto stavů dojde k rozhýbání obsahu nádoby. Dle hlediska směru pohybu kapaliny se rozděluje proudění na tyto hlavní druhy: tangenciální, axiální a radiální viz obr. 1.1.



a – axiální proudění, nádoba s nárážkami, b – radiální proudění, nádoba s nárážkami, c – tangenciální proudění, nádoba bez nárážek

Obr. 1.1 Proudění v nádobách s rotačními míchadly [15]

1.1.2 Pneumatické míchání

Používá se hlavně pro korozivní kapaliny nebo suspenze. Funguje na principu vhánění stlačeného plynu ke dnu nádoby s míchanou kapalinou. Obvykle se jedná o páru či vzduch. Díky tomu se v kapalině vytvoří vzduchové kapsy, které stoupají k povrchu a tím uvedou do pohybu okolní tekutinu. Dle rychlosti stoupání bubliny se rozděluje toto proudění na laminární a turbulentní.

Výhodou pneumatického míchání je jednoduchost systému. Mezi nevýhody patří velká spotřeba stlačeného plynu, který je třeba dodat pomocí kompresoru, hluchost, náročnost na údržbu a v neposlední řadě vysoká cena.

1.1.3 Hydraulické míchání

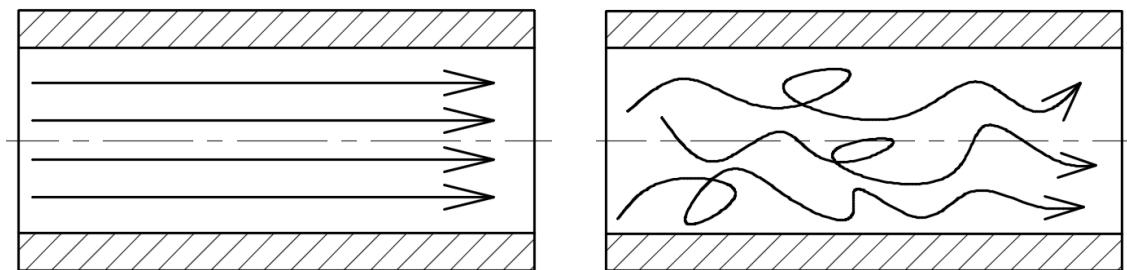
Princip spočívá v rozpohybování míchané kapaliny. K tomu slouží čerpadlo, které vhání kapalinu přes trysku do míchacího prostoru. Ta je ponořena pod hladinou. Proudění vzniklé z trysky rozpohybuje okolní částice kapaliny - dojde k předání hybnosti. Předání je uskutečněno tečným napětím mezi ustálenými a neustálenými částicemi. Díky tomu se v nádrži vytvoří turbulentní proudění a dojde k promíchávání.

1.1.4 Míchání v potrubí

Míchání probíhá v potrubí během průchodu kapaliny určitými prvky, jako jsou kolena, spojky, ventily. Pro zvýšení účinnosti se ještě do oběhu přidávají statické směšovače. Z hlediska charakteru proudění ho můžeme rozdělit na laminární a turbulentní.

Během laminárního proudění jsou proudnice rovnoběžné přímky viz obr. 1.2. Jednotlivé částice kapaliny se pohybují ve vrstvách a nedochází k jejich promíchávání. Rychlost v potrubí je nejmenší při stěně a největší uprostřed. Toto proudění má parabolický profil rychlosti.

Při turbulentním proudění jsou proudnice nepravidelné křivky a v kapalině vznikají víry viz obr. 1.2. Tím dojde k přestupu objemu mezi jednotlivými vrstvami kapalin. Charakteristikou je profil rychlosti, který je skoro rovný. Pro posouzení, zda se jedná o laminární nebo turbulentní proudění, slouží Reynoldsovo číslo.



Obr. 1.2 Vlevo laminární a vpravo turbulentní proudění v potrubí

2. STROJE PRO MÍCHÁNÍ STAVEBNÍCH SMĚSÍ

Stroje pro míchání stavebních směsí se nazývají míchačky. Při jejich volbě se vychází z výkonnosti [$\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$] a užitečného objemu bubnu. Užitečné objemy bubnu se pohybují v rozsahu: 65, 125, 250, 500, 1000, 1500 a 2000 litrů. Jedná se o objem, který je určený pro jednotlivé složky v suchém stavu. Skutečný geometrický objem bývá dvakrát až třikrát větší v závislosti na systému míchačky.

2.1 Rozdělení

Míchačky se rozdělují do čtyř hlavních kategorií a to dle způsobu míchání, polohy osy bubnu, způsobu přemísťování, plnění, vyprazdňování viz Tab. 2.1.

Tab. 2.1 Rozdělení míchacích zařízení stavebních směsí

Způsob míchání	Kontinuální	Spádové míchačky
		S nuceným mícháním
	Cyklické	Spádové míchačky
		S nuceným mícháním
		Aktivační míchačky
Poloha osy bubnu	Vodorovná	
	Svislá	
	Sklápěcí	
Způsob přemísťování	Stabilní	
	Převozné	
	Samohybné	
Způsob plnění a vyprazdňování	Plnění a vyprazdňování jedním otvorem	
	Plnění jedním a vyprazdňování druhým otvorem	
	Plnění jedním otvorem a vyprazdňování rozevřením bubnu	

2.2 Stavební směsi

Stavební směsi jsou jednou z nejzákladnějších složek ve stavebnictví. Nejčastěji se používají betonové směsi, cementové a vápenopískové malty. Ty se skládají z pojiva, plniva a vody. Vzájemným promícháváním jednotlivých složek dojde k jejich rovnoměrnému rozložení. Pojivo obalí povrch všech zrn kameniva, případné přísady a příměsi se rovnoměrně rozptýlí ve směsi. Aby došlo ke kvalitnímu promíchání je velmi důležitá vhodná konstrukce a systém míchacího zařízení.

Pro běžné betonářské práce v domě se používají suché pytlované směsi. Na obr. 2.1 je zobrazena průmyslově vyráběná suchá směs pro přípravu betonu.



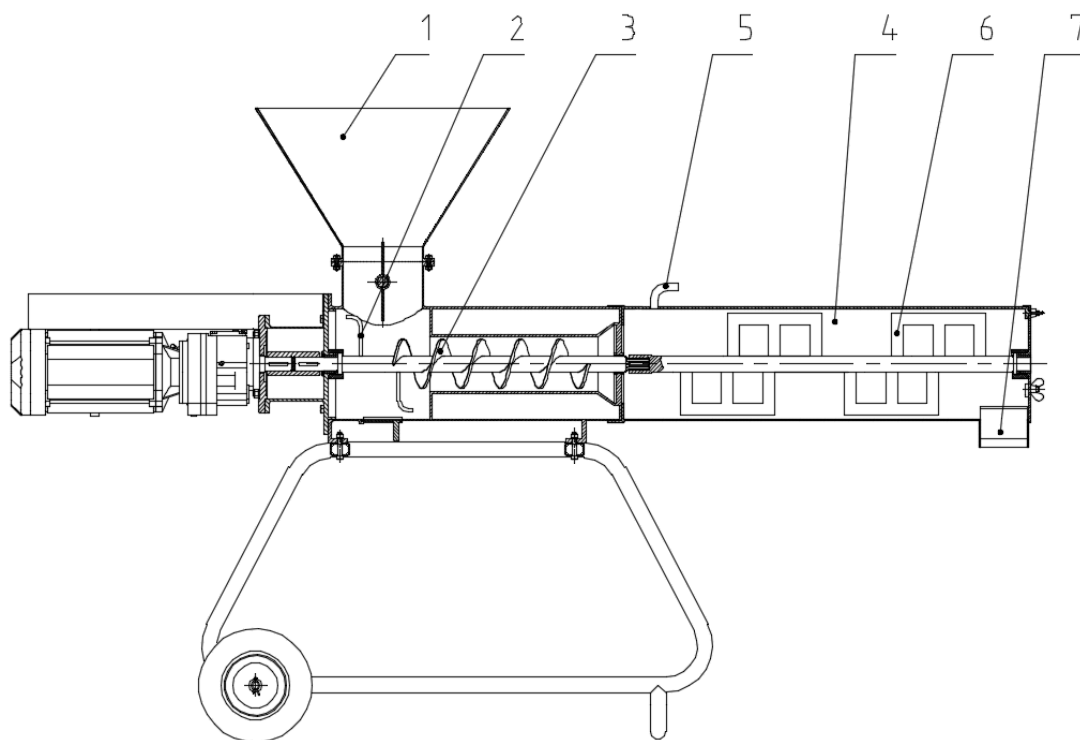
Obr. 2.1 Průmyslově vyráběná suchá směs pro přípravu betonu

3. KONTINUÁLNÍ MÍCHAČKY VE STAVEBNICTVÍ

Jsou to univerzální míchací stroje pro zpracování suchých betonových, maltových či omítkových směsí - do zrnitosti až 4 mm. Z konstrukčního hlediska jde o otáčivé vřeteno s mírně nakloněným žlabem, do kterého se na horním konci sype směs. Mohou být zásobovány jak suchou maltovou směsí v pytlích, tak i materiálem z hlavního zásobníku pomocí pneumatických dopravních zařízení.

3.1 Princip míchání

Suchá pytlovaná směs se nasype do zásobníku (1), ze kterého se dále dostává na přihrnovací lopatky (2) a je posouvána do dávkovacího šneku (3). Ten dopravuje směs směrem k míchacímu prostoru (4). Na vstupu do míchacího prostoru je přivedena voda (5), která se mísí se suchou směsí pomocí míchadla (6). To zároveň posouvá míchanou směs k vypouštěcímu otvoru (7). Na konci dojde k vypuštění hotové směsi do připravené nádoby nebo dopravního čerpadla viz obr. 3.1.



Obr. 3.1 Pohled na kontinuální míchačku v částečném řezu

3.2 Průzkum na trhu

Český i zahraniční trh nabízí řadu vřetenových kontinuálních míchaček nejenom na stavební směsi, ale dokonce i na karamel. Pro příklad jsou zde vybrány takové míchačky, které svým míchacím výkonem co nejvíc odpovídají výkonu ze zadání diplomové práce.

3.2.1 Kontinuální míchačka Calypso D30

Tento model vyrábí německá firma M-TEC, která má pobočku i v Česku. Míchačka se hodí pro zpracování všech běžných suchých maltových, betonových a omítkových směsí. Výhodou je odběr malty v potřebném množství a konzistenci. Technické parametry a vzhled míchačky viz tab. 3.1 a obr. 3.2.

Tab. 3.1 Technické parametry kontinuální míchačky Calypso D30

Míchací výkon	35 - 50 l/min
Pohon - motor	400V, 4 kW
Jištění v rozvaděči	16C
Vodní přípojka	3/4 s geka, tlak min. 2,5 barů
Rozměry (d,š,v)	1050 x 550 x 650 mm
Hmotnost	230 kg



Obr. 3.2 Kontinuální míchačka M-TEC Calypso D30 [16]

3.2.2 Kontinuální míchačka KM 40

Tuto míchačku vyrábí česká firma Filamos s.r.o. Je určena pro přípravu ze suchých maltových směsí na bázi cementu, především zdících a spárovacích malt. Výhodou je robustní konstrukce, jednoduchost a rychlost čištění, snadná obsluha. Při práci nedochází k žádné materiálové ztrátě. Technické parametry a vzhled míchačky viz tab. 3.2 a obr. 3.3.

Tab. 3.2 Technické parametry kontinuální míchačky KM 40

Technický výkon	40 <i>l/min</i>
Maximální velikost zrna	4 <i>mm</i>
Napájecí soustava	3PEN / 50 <i>Hz</i> , 380 <i>V</i>
Jmenovitý příkon	5,5 <i>kW</i>
Přívod vody	G 3/4''
Tlak vody v potrubí	0,35 <i>MPa</i>
Rozměry (d,š,v)	2160 x 740 x 1410 <i>mm</i>
Hmotnost	271 <i>kg</i>



Obr. 3.3 Kontinuální míchačka KM 40 [17]

3.2.3 Kontinuální míchačka HM 24

Výrobce je německá firma PFT. Stroj slouží ke kontinuální a plně automatické přípravě všech suchých maltových směsí na bázi cementu, zejména zdících a spárovacích malt, lepicích a vyrovnávacích hmot. Tyto míchačky jsou určeny pouze k míchání směsí dodávaných v pytlích nebo v silu. Technické parametry a vzhled míchačky viz tab. 3.3 a obr. 3.4.

Tab. 3.3 Technické parametry kontinuální míchačky HM 24

Technický výkon	20 - 50 l/min
Maximální velikost zrna	4 mm
Napájecí soustava	400 V, 50 Hz
Jmenovitý příkon	3 kW
Přívod vody	3/4"
Tlak vody v potrubí	0,25 MPa
Rozměry (d,š,v)	1870 x 670 x 970 mm
Hmotnost	110 kg



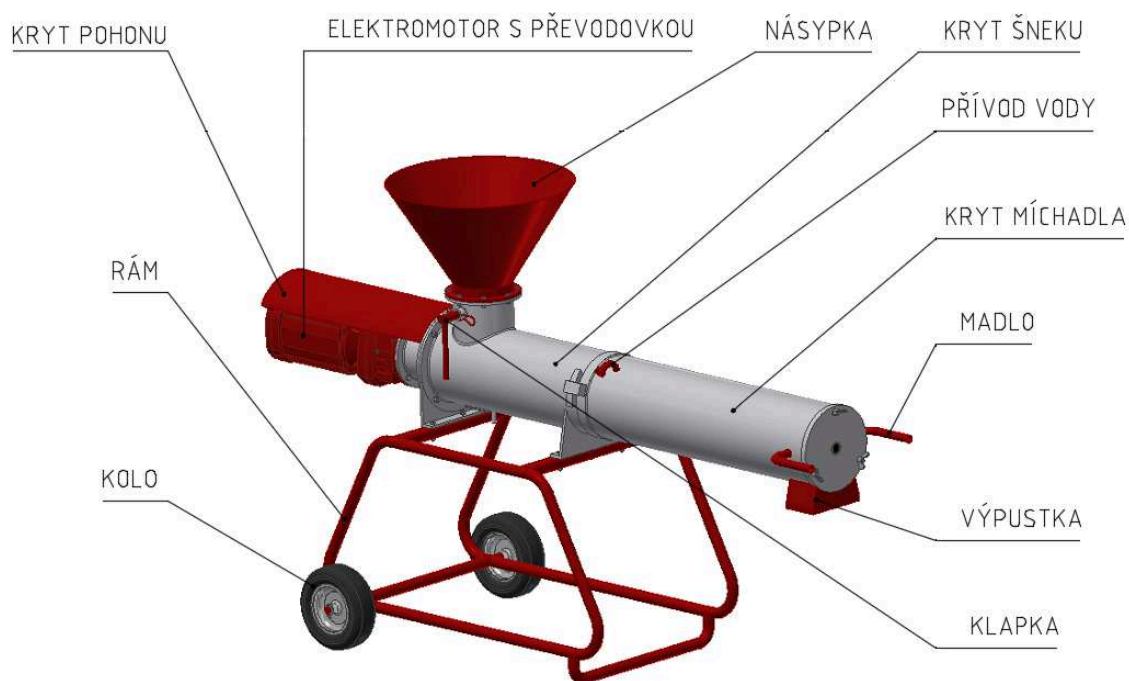
Obr. 3.4 Kontinuální míchačka HM 24 [18]

4. KONSTRUKČNÍ NÁVRH KONTINUÁLNÍ MÍCHAČKY

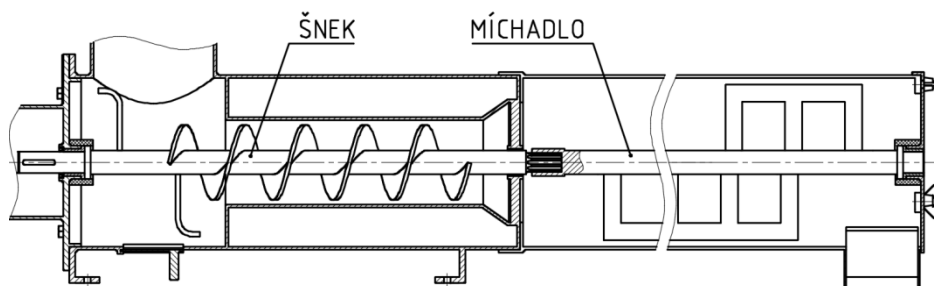
Dle zadání je třeba vytvořit konstrukční návrh míchačky, která bude kontinuálně vyrábět maltu při stálé optimální kvalitě. Dalším předpokladem je jednoduchá obsluha, snadná údržba, pojízdná a lehká konstrukce.

4.1 Popis konstrukčního řešení kontinuální míchačky

Míchačka se skládá z rámu, pohonu a funkčních částí jako je šnekový dopravník a míchadlo - podrobný popis viz obr. 4.1 a obr. 4.2.



Obr. 4.1 Popis konstrukčního řešení kontinuální míchačky



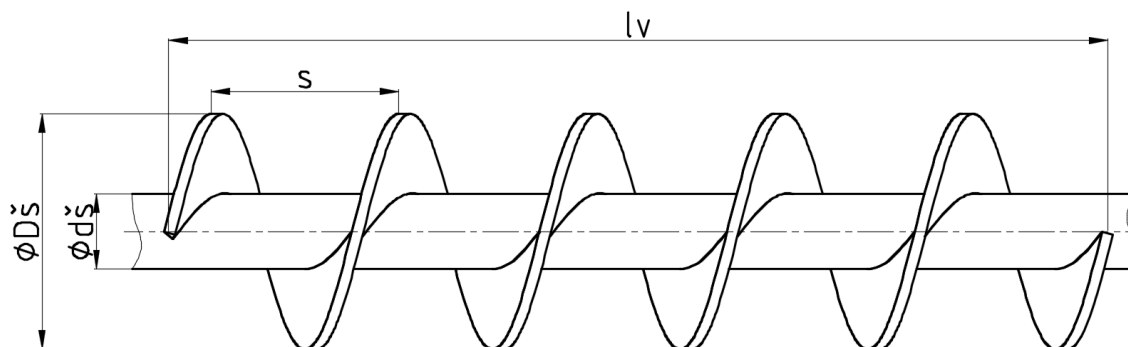
Obr. 4.2 Pohled na funkční části míchačky v řezu

4.2 Určení rozměrů šnekového dopravníku

Šnekový dopravník bude sloužit k posuvu sypké hmoty ze zásobníku do míchacího prostoru.

4.2.1 Průměr šneku

Průměr šneku závisí na objemu dopravovaného materiálu. Směšovací výkon Q_v je zadán v rozsahu 25 až 40 l/min . Toto je hodnota objemu po namíchání s vodou. Nicméně pro návrh je třeba znát objem samotné suché směsi. V praxi se používá různý míchací poměr - vždy záleží na způsobu použití. Nejčastější hodnota je v rozsahu 5 až 10 l vody na 40 kg směsi. Rozměry šneku viz obr. 4.3.



Obr. 4.3 Rozměry šneku

Zadaný směšovací výkon

$$Q_v = 40 \text{ lmin}^{-1} = 2,4 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$$

Objemový dopravní výkon směsi

Pro následující výpočty se výsledná směs bude skládat z 32 l suché směsi a 8 l vody.

$$Q_s = 32 \text{ lmin}^{-1} = 1,92 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$$

Průměr šnekovice se určí dle vztahu pro objemový dopravní výkon z [3]:

$$Q_s = 3600 \cdot \frac{\pi \cdot D_s^2}{4} \cdot s \cdot \psi \cdot n \cdot C_H \rightarrow D_s \quad (1)$$

$$D_s = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot Q_s}{3600 \cdot \pi \cdot 0,8 \cdot \psi \cdot n \cdot C_H}} = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot 1,92}{3600 \cdot \pi \cdot 0,8 \cdot 0,3 \cdot 1,5 \cdot 1}} = 0,124 \text{ m} \quad (2)$$

Kde:

D_s - průměr šneku

s - stoupání šneku: $s \approx 0,8 \cdot D \approx 100 \text{ mm}$

n - otáčky šneku - zvoleno dle [3]: $n = 1,5 \text{ s}^{-1}$

ψ -součinitel plnění žlabu - zvoleno dle [3]: $\psi = 0,30$

C_H - korekční součinitel - určeno dle [3] pro úhel stoupání 0° : $C_H = 1$

Dle normy ČSN ISO 1050 [13] je zvolen nejbližší normalizovaný průměr šneku: $D_s = 125 \text{ mm}$

4.2.2 Určení průměru hřídele šneku

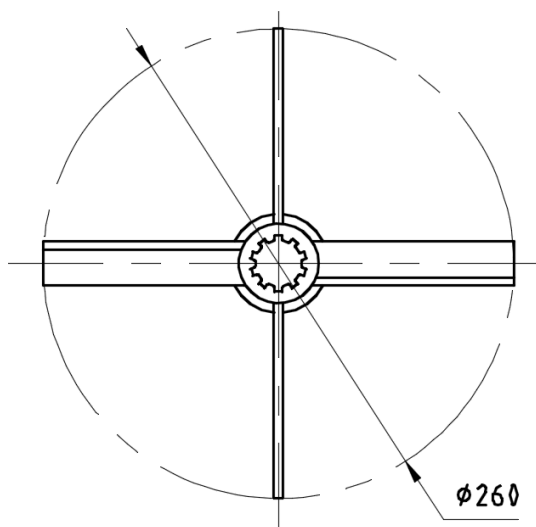
Hřídel šneku může být dvojího provedení. Buď je vyroben z plného materiálu nebo z kombinace plného materiálu a trubky.

Dle normy ČSN ISO 1050 [13] je předběžně zvolen doporučený průměr plného hřídele pro daný rozměr šnekovice: $d_s = 40 \text{ mm}$.

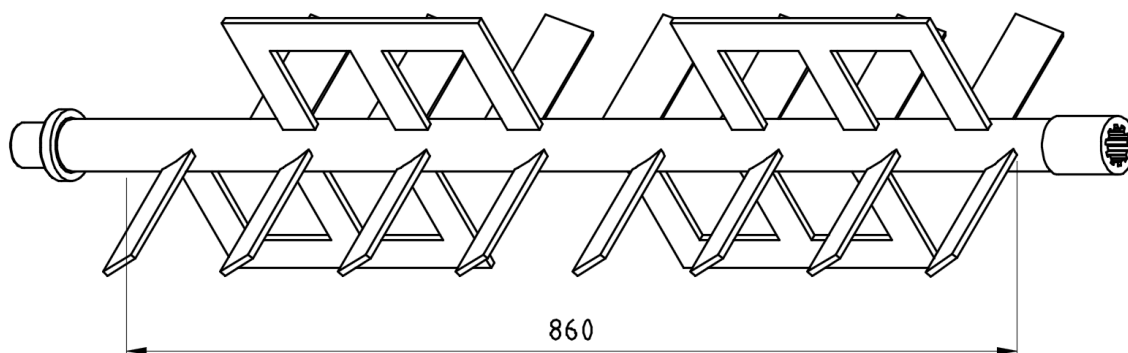
4.3 Stanovení rozměrů míchadla

Při návrhu míchadla se musí hledět nejen na jeho tvar, ale i na otáčky. Se zvětšujícími se otáčkami prochází materiál mísícím prostorem rychleji a dochází ke zhoršení kvality promíchávání směsi [1], [2].

Pro danou míchačku byl zvolen průměr, délka a tvar míchadla obdobný, jako u konkurence na trhu a to z důvodu jejich dlouhodobých zkušeností s danými stroji. Průměr, délka a tvar míchadla viz obr. 4.4 a obr. 4.5.



Obr. 4.4 Průměr míchadla - čelní pohled



Obr. 4.5 Tvar a délka míchadla

4.4 Návrh pohonu míchačky

Pohon míchačky bude zajišťovat asynchronní elektromotor s čelní převodovkou. Krouticí moment z hřídele převodovky se bude přenášet na hřídel šneku pomocí trubkové spojky.

4.4.1 Výkon pro pohon míchadla

Míchadlo se skládá z lopatek, které jsou navařeny kolmo na hřídel. Lopatky jsou dvojího typu: natočené pod úhlem 30° a rovnoběžné s osou hřídele viz obr. 4.6. Natočené lopatky slouží jak k promíchávání, tak i posouvání směsi směrem k výstupu. Kdežto rovnoběžné plní pouze funkci míchání - viz obr. 4.6. Potřebný krouticí moment se určí z následujících vztahu (3) a (4). Vztahy jsou použity a upraveny z [1].

Potřebný krouticí moment pro otáčení lopatek natočených pod úhlem 30°

$$M_{kn} = n_n \cdot k_r \cdot b_1 \cdot \cos\alpha \cdot \int_{r_1}^{r_2} r \cdot dr \quad (3)$$

$$M_{kn} = \frac{n_n \cdot k_r \cdot b_1 \cdot \cos\alpha \cdot (r_2^2 - r_1^2)}{2} = \frac{15 \cdot 25000 \cdot 0,04 \cdot \cos 30^\circ \cdot (0,13^2 - 0,020^2)}{2}$$

$$M_{kn} = 107,2 \text{ Nm}$$

Potřebný krouticí moment pro otáčení rovnoběžných lopatek

$$M_{kr} = n_k \cdot k_r \cdot b_2 \cdot \int_{r_1}^{r_2} r \cdot dr + n_r \cdot k_r \cdot b_3 \cdot \int_{r_3}^{r_2} r \cdot dr \quad (4)$$

$$M_{kr} = \frac{n_k \cdot k_r \cdot b_2 \cdot (r_2^2 - r_1^2)}{2} + \frac{n_r \cdot k_r \cdot b_3 \cdot (r_2^2 - r_3^2)}{2}$$

$$M_{kr} = \frac{12 \cdot 25000 \cdot 0,03 \cdot (0,13^2 - 0,020^2)}{2} + \frac{4 \cdot 25000 \cdot 0,15 \cdot (0,13^2 - 0,1^2)}{2}$$

$$M_{kr} = 126 \text{ Nm}$$

Kde:

k_r - měrný odpor míchání - $25\,000\, N \cdot m^{-2}$, určeno dle [1] a [2]

b_1 - šířka natočené lopatky = $40\, mm$

b_2 - šířka kolmé lopatky = $30\, mm$

b_3 - výpočtová délka rovnoběžné části lopatky = $240 - 3 \cdot b_2 = 150\, mm$

α - úhel natočení lopatky = 30°

r_1 - poloměr hřídele míchadla = $20\, mm$

r_2 - poloměr míchadla = $130\, mm$

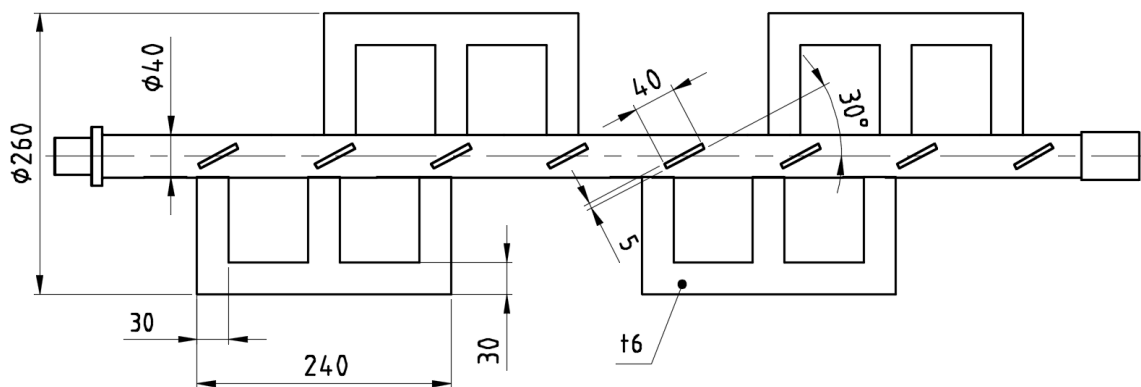
r_3 - vnitřní poloměr opisovaný rovnoběžnou částí lopatky = $100\, mm$

n_n - počet natočených lopatek = 15

n_k - počet kolmých částí rovnoběžných lopatek = 12

n_r - počet rovnoběžných částí rovnoběžných lopatek = 4

Rozměry viz obr. 4.6



Obr. 4.6 Tvar a rozměry lopatek

Potřebný výkon pro pohon míchadla

$$P_m = (M_{kn} + M_{kr}) \cdot 2 \cdot \pi \cdot n = (107,2 + 126) \cdot 2 \cdot \pi \cdot 1,5 = 2197,9\, W$$

4.4.2 Potřebný výkon pro pohon šneku

Příkon šnekového dopravníku je dán dílčími odpory, z nichž se všechny nedají přesně stanovit a spočítat. Z tohoto důvodu se příkon dopravníku určí dle celkového součinitele odporu viz následující vztah [3]:

$$P_{\xi} = \frac{Q_s \cdot \gamma \cdot g}{3600} \cdot (l_v \cdot w \pm h) = \frac{1,92 \cdot 1600 \cdot 9,81}{3600} \cdot (0,5 \cdot 5 \pm 0) = 21 \text{ W} \quad (5)$$

Kde:

l_v - vodorovná dopravní vzdálenost : $l_v = 500 \text{ mm}$, viz obr. 4.3

w - celkový součinitel odporu - závisí na dopravovaném materiálu. Dle [3] se pohybuje v rozsahu 3-5. Pro výpočet je zvolena největší hodnota $w = 5$

h - dopravní výška : $h = 0 \text{ mm}$

γ - sypná objemová hmotnost materiálu - $\gamma = 1600 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ určeno dle [3]

4.4.3 Celkový potřebný výkon elektromotoru

Celkový potřebný výkon se skládá z dílčích výkonů vypočtených v předchozích bodech.

Na stavbách, kde se bude míchačka používat, ji nikdo nebude čistit hned po každém zapnutí a vypnutí. Může v ní zůstat namíchaná směs i po nějakou dobu a následně se bude zase pokračovat. Díky tomu dojde k zhuštění směsi a vzroste odpor proti míchání. Z toho důvodu je zvolen dle [1] součinitel navýšení výkonu $k_p = 2,3$

$$P = k_p \cdot (P_{\xi} + P_m) = 2,3 \cdot (21 + 2197,9) = 5103,5 \text{ W}$$

4.4.4 Volba elektromotoru

Dle vypočítaného výkonu je zvolen třífázový čtyřpólový asynchronní elektromotor s čelní převodovkou od firmy SEW s označením RF67DRN132S4 viz obr. 4.7. Jelikož bude míchačka pracovat v prašném prostředí a je zde riziko kontaktu elektromotoru s vodou, tak se při volbě taky hledělo na stupeň krytí.

Zvolený elektromotor má stupeň krytí IP 55, které ochraňuje funkční částí před prachem a proti tryskající vodě v různých směrech.



Obr. 4.7 Elektromotor SEW s čelní převodovkou [19]

Tab. 4.1 Technické parametry pohonné jednotky RF67DRN132S4

Výkon motoru [kW]	5,5
Jmenovité otáčky motoru [ot/min]	1461
Celkový převodový poměr	15,79
Výstupní krouticí moment [Nm]	565
Výstupní otáčky [ot/min]	93
Napětí motoru [V]	230/400
Krytí motoru	IP 55
Hmotnost [kg]	82

4.5 Kontrola skutečného dopravovaného množství

Navržený pohon se liší výstupními otáčkami od otáček požadovaných, se kterými se počítalo během návrhu šneku. Z tohoto důvodu se provede zpětná kontrola, zda se skutečný dopravní výkon rovná požadovanému.

4.5.1 Skutečný dopravní výkon

$$Q_{sd} = 3600 \cdot \frac{\pi \cdot D_s^2}{4} \cdot s \cdot \psi \cdot n_m \cdot C_H = 3600 \cdot \frac{\pi \cdot 0,125^2}{4} \cdot 0,1 \cdot 0,3 \cdot 1,55 \cdot 1$$

$$Q_{sd} = 2,05 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$$

Kde:

n_m - výstupní otáčky z převodovky = $1,55 \text{ s}^{-1}$

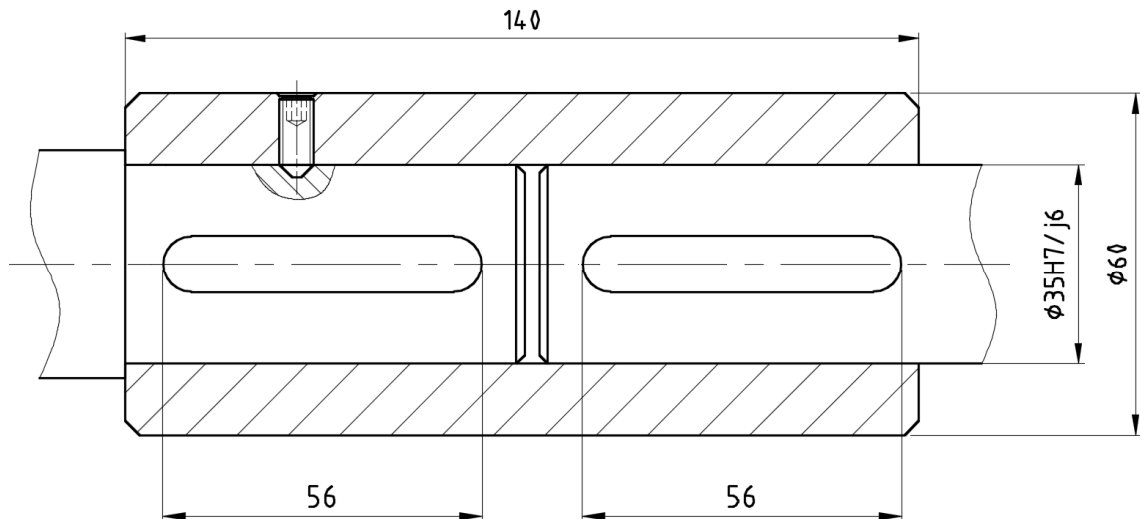
4.5.2 Rozdíl mezi skutečným a požadovaným dopravním výkonem

$$\Delta Q = \frac{Q_{sd} - Q_s}{Q_s} = \frac{2,05 - 1,92}{1,92} = 0,067 \approx 7\% \rightarrow \text{Vyhovuje} \quad (6)$$

Skutečný dopravovaný objem je o 7% větší, než požadovaný. Tato hodnota se bude lišit, v závislosti poměru vody a suché směsi. Proto navržený šnekový dopravník vyhovuje.

4.6 Návrh spojky

Přenos krouticího momentu z převodovky na šnekový hřídel je zajištěn pomocí trubkové spojky a těsných per. Posuv v axiálním směru je zabráněn pojistným šroubem M6x14 - ČSN 02 1191 - viz obr. 4.8. Tento typ spojky je nejjednodušší a nejlevnější a hodí se tam, kde jsou pomalé otáčky.



Obr. 4.8 Rozměry trubkové spojky

4.6.1 Kontrola spojky na krut

Materiál spojky je ocel 11 600 - Dle [7] se dovolené napětí v krutu pohybuje v rozsahu 65 – 105 MPa → Zvoleno $\tau_{Dk} = 70 \text{ MPa}$.

$$\tau_k = \frac{M_k}{W_k} \leq \tau_{Dk} \quad (7)$$

$$\tau_k = \frac{16 \cdot M_k}{\pi \cdot (D_s^3 - \frac{d_s^4}{D_s})} = \frac{16 \cdot 565\,000}{\pi \cdot (60^3 - \frac{38,3^4}{60})} = 16 \text{ MPa} \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

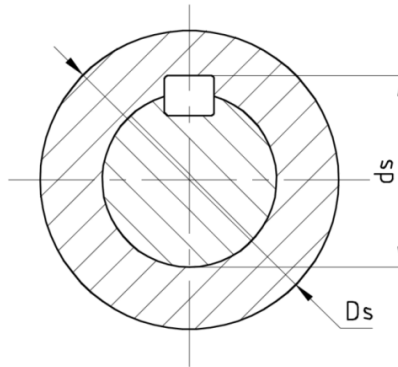
Kde:

D_s - vnější průměr spojky = 60 mm

d_s - rozměr hřídele a pera - viz obr. 4.7 = 38,3 mm

t_1 - hloubka drážky pro pero = 3,3 mm

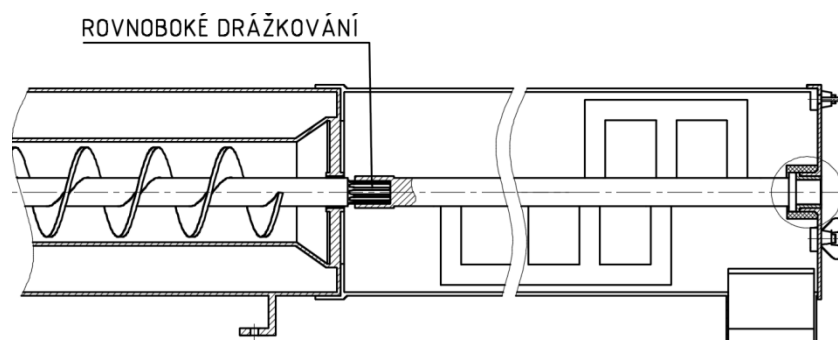
Rozměry viz obr. 4.9



Obr.4.9 Řez spojkou

4.7 Návrh způsobu přenosu M_k z hřídele šneku na hřídel míchadla

Při návrhu míchačky se dbalo na jednoduchost z důvodu jejího rychlého rozložení, vyčištění a zpětného složení. Proto je přenos krouticího momentu z hřídele šneku na hřídel míchadla zajištěn pomocí rovnobokého drážkování viz obr. 4.10.



Obr. 4.10 Pohled na rovnoboké drážkování hřídele šneku a míchadla

4.7.1 Pevnostní kontrola rovnobokého drážkování

Rozměry rovnobokého drážkovaného spoje byly zvoleny dle ČSN 01 4942 s ohledem na rozměry hřídele - viz Tab. 4.2.

Tab. 4.2 Základní rozměry rovnobokého drážkování těžké řady

Počet zubů z_r	10
Vnitřní průměr d_r [mm]	26
Vnější průměr D_r [mm]	32
Délka spoje l_r [mm]	50
Sražení hran zubů f_r [mm]	0,4

Střední průměr

$$D_{sr} = \frac{D_r + d_r}{2} = \frac{32 + 26}{2} = 29 \text{ mm}$$

Výpočet obvodové síly na průměru D_{sr}

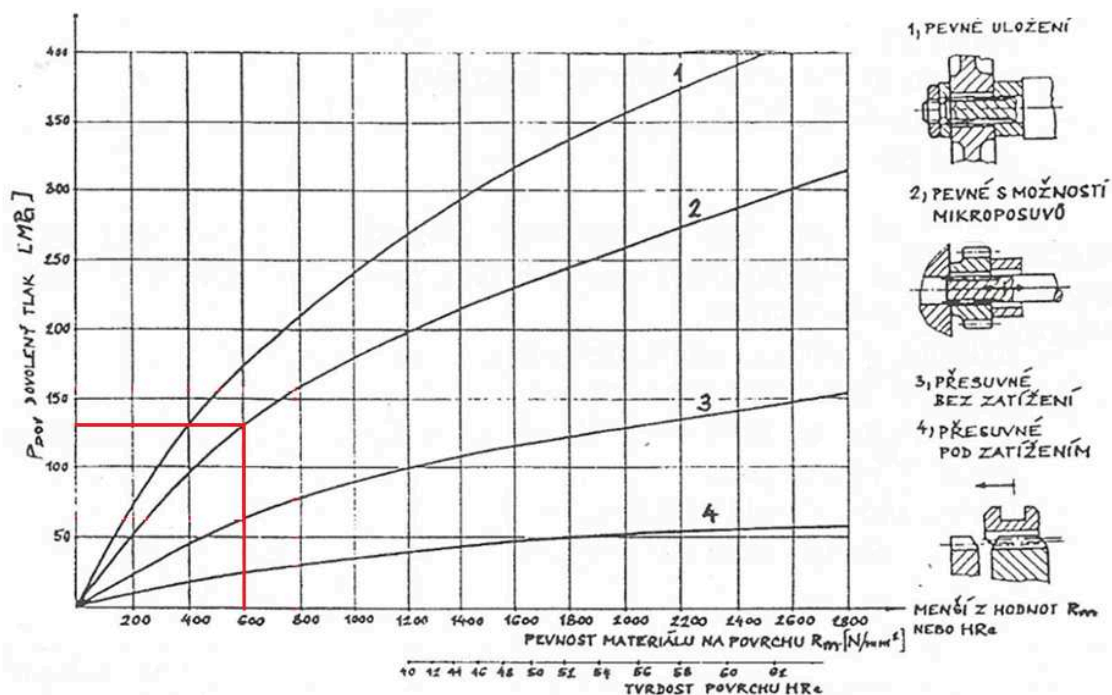
$$F_o = \frac{2 \cdot M_k}{D_{sr}} = \frac{2 \cdot 565000}{29} = 38\,965,5 \text{ N} \quad (8)$$

Skutečná účinná plocha boků drážek na 1 mm délky drážkového spojení

$$f'_r = \frac{3}{4} \cdot z_r \cdot \left(\frac{D_r - d_r}{2} - 2 \cdot f_r \right) = \frac{3}{4} \cdot 10 \cdot \left(\frac{32 - 26}{2} - 2 \cdot 0,4 \right) = 16,5 \text{ mm} \quad (9)$$

Pevnostní kontrola

Materiál hřídele šneku i hřídele míchadla je ocel 11 600. Dle [7] se pevnost v tahu pohybuje v rozsahu $588 - 706 \text{ MPa} \rightarrow \text{Zvoleno } R_m = 600 \text{ MPa}$.



Obr. 4.11 Určení dovoleného tlaku [12]

Dle obr. 4.11 je určen dovolený měrný tlak pro rovnoboké drážkování. Hřídel bude mít malou axiální vůli a proto $p_D = 130 \text{ MPa}$.

$$p_{r1} = \frac{F_o}{f'_r \cdot l_r} = \frac{38\,965,5}{16,5 \cdot 50} = 47,2 \text{ MPa} \quad (10)$$

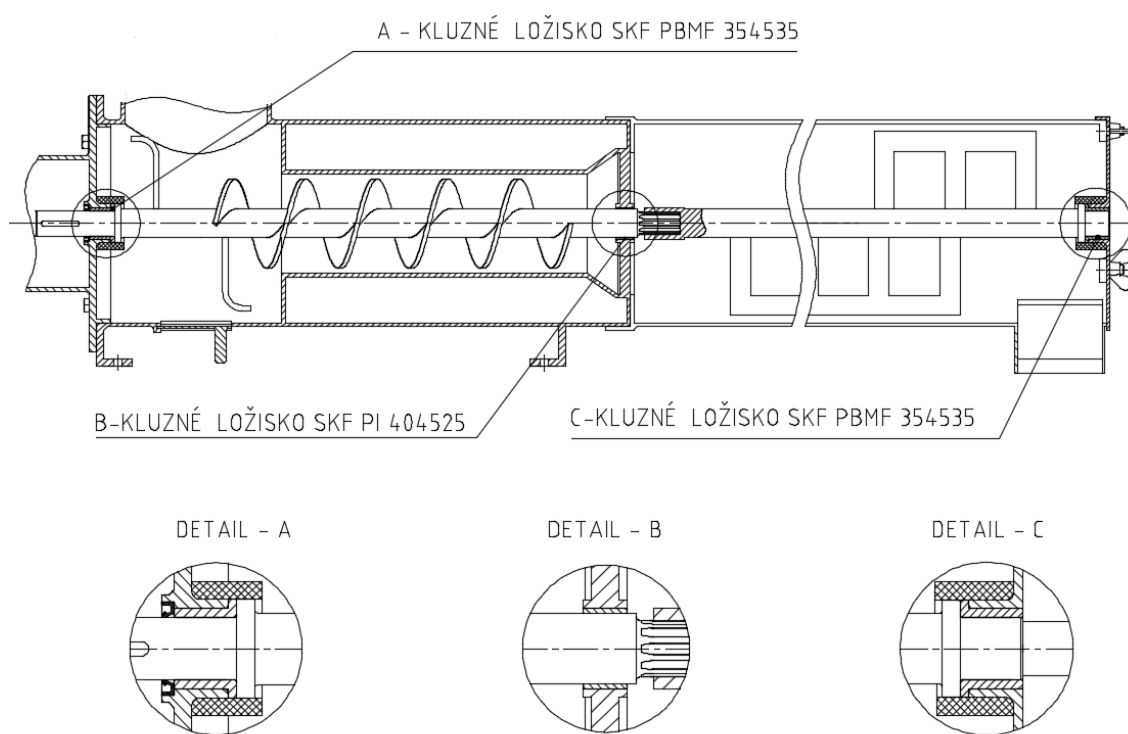
$p_{r1} \leq p_D \rightarrow$ Podmínka je splněna \rightarrow spoj vyhovuje

Navržené rovnoboké drážkování vyhovuje podmínkám pro přenos krouticího momentu.

4.8 Uložení hřídelí

Hřídel šneku a míchadla budou dohromady uloženy na třech kluzných ložiskách, z nichž dva koncové jsou z masivního bronzu a uprostřed je ložisko z kompozitu s nerezovým pouzdem. To může pracovat v prašném prostředí a nevyžaduje žádnou údržbu. Přesné označení navolených ložisek viz obr. 4.12. Bronzové pouzdra jsou uloženy v odmontovatelných víkách a jsou lehce a rychle vyměnitelné.

Při volbě typu a těsnění ložisek se bylo inspirováno u konkurenčních výrobců kontinuálních míchacích strojů.



Obr. 4.12 Uložení hřídelí

4.8.1 Výpočet axiální síly

Axiální síla vzniká v důsledku posouvání směsi kupředu šnekem i míchadlem. K zabránění posuvu hřídele bude sloužit přírubové kluzné ložisko umístěné na straně elektromotoru.

Síla od posouvání materiálu šnekem

Velikost účinku axiální síly od pohybování materiálu šnekem se určí dle vztahu (11), který je použit z literatury [3].

$$F_{as} = \frac{M_{\dot{s}}}{R_s \cdot \operatorname{tg}(\alpha_{\dot{s}} + \varphi_{\dot{s}})} = \frac{5}{0,047 \cdot \operatorname{tg}(14,3 + 30)} = 109 \text{ N} \quad (11)$$

Krouticí moment pro pohon šneku

Při výpočtu se bude uvažovat se součinitelem navýšení výkonu k_p

$$M_{\dot{s}} = \frac{k_p \cdot P_{\dot{s}}}{2 \cdot \pi \cdot n_m} = \frac{2,3 \cdot 21}{2 \cdot \pi \cdot 1,55} = 5 \text{ Nm} \quad (12)$$

Účinný poloměr šnekovice

$$R_s = 0,75 \cdot \frac{D_{\dot{s}}}{2} = 0,75 \cdot \frac{0,125}{2} = 0,047 \text{ m}$$

Úhel stoupání šnekovice

$$\alpha_{\dot{s}} = \operatorname{arctg} \cdot \frac{s}{\pi \cdot D_{\dot{s}}} = \operatorname{arctg} \cdot \frac{0,1}{\pi \cdot 0,125} = 14,3^\circ$$

Sypný úhel

Sypný úhel závisí na největším rozměru zrna směsi. Jedná se o největší sklon, kdy ještě povrch volně nasypaného materiálu drží stabilně svůj tvar. Dle [14] je zvolen sypný úhel $\varphi_{\dot{s}} = 30^\circ$

Síla od posouvání materiálu míchadlem

Vzniká během míchacího procesu, kdy natočené lopatky nejen promíchávají směs, ale zároveň ji posouvají k výstupu.

$$F_{am} = n_n \cdot k_p \cdot k_r \cdot b_1 \cdot \sin \alpha \cdot (r_2 - r_1) \quad (13)$$

$$F_{am} = 15 \cdot 2,3 \cdot 25000 \cdot 0,04 \cdot \sin 30^\circ \cdot (0,13 - 0,020) = 1897,5 \text{ N}$$

Celková axiální síla působící na ložisko

$$F_{ac} = F_{aš} + F_{am} = 109 + 1897,5 = 2006,5 \text{ N}$$

4.8.2 Výpočet radiální síly

V tomto bodě se bude počítat pouze se zatížením od míchadla, protože od šneku nevznikají žádné radiální síly kromě gravitační. V místě spoje mezi hřídelem šneku a hřídelem míchadla je kluzné ložisko z kompozitu s nerezovým povrchem, které má o 30 MPa vyšší přípustné zatížení než bronzové pouzdro na konci. Proto se bude kontrolovat jen bronzové ložisko.

Radiální síla od odporu proti míchání a hmotnosti míchadla

Při kontrole se bude počítat s nejhorším případem a to, jak se sečte síla od odporu míchání s gravitační silou od hmotnosti míchadla. Tento případ nastane, když bude v záběru osm natočených lopatek a naproti žádná (pokud by byly lopatky naproti v zatížení, došlo by k vynulování radiálního zatížení).

Síla od hmotnosti míchadla

$$F_g = m_m \cdot g = 15,4 \cdot 9,81 = 151 \text{ N}$$

Síla od osmi natočených lopatek

$$F_{kn8} = 8 \cdot F_{kn} = 8 \cdot 219,2 = 1753,6 \text{ N}$$

Celková radiální síla působící na jedno ložisko

$$F_{rc} = \frac{F_{kn8} + F_g}{2} = \frac{1753,6 + 151}{2} = 952,3 \text{ N}$$

4.8.3 Kontrola kluzného ložiska z hlediska měrného tlaku

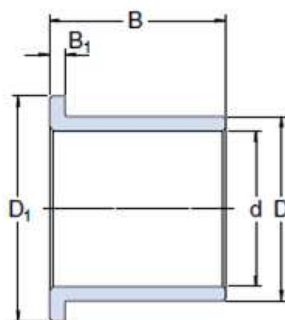
Kluzná bronzová ložiska se budou kontrolovat na otláčení a to jak v axiálním, tak i radiálním směru. Rozměry bronzového kluzného ložiska viz obr. 4.13.

Měrný tlak působící v axiálním směru

$$p_a = \frac{F_{ac}}{S_l} = \frac{4 \cdot F_{ac}}{\pi \cdot D_1^2 - \pi \cdot d^2} = \frac{4 \cdot 2006,5}{\pi \cdot 55^2 - \pi \cdot 35^2} = 1,42 \text{ MPa}$$

Měrný tlak působící v radiálním směru

$$p_r = \frac{F_{rc}}{S_l} = \frac{F_{rc}}{d \cdot B} = \frac{952,3}{35 \cdot 35} = 0,77 \text{ MPa}$$



Označení	d mm	D mm	B mm	D ₁ mm	B ₁ mm
PBMF 354535	35	45	35	55	5

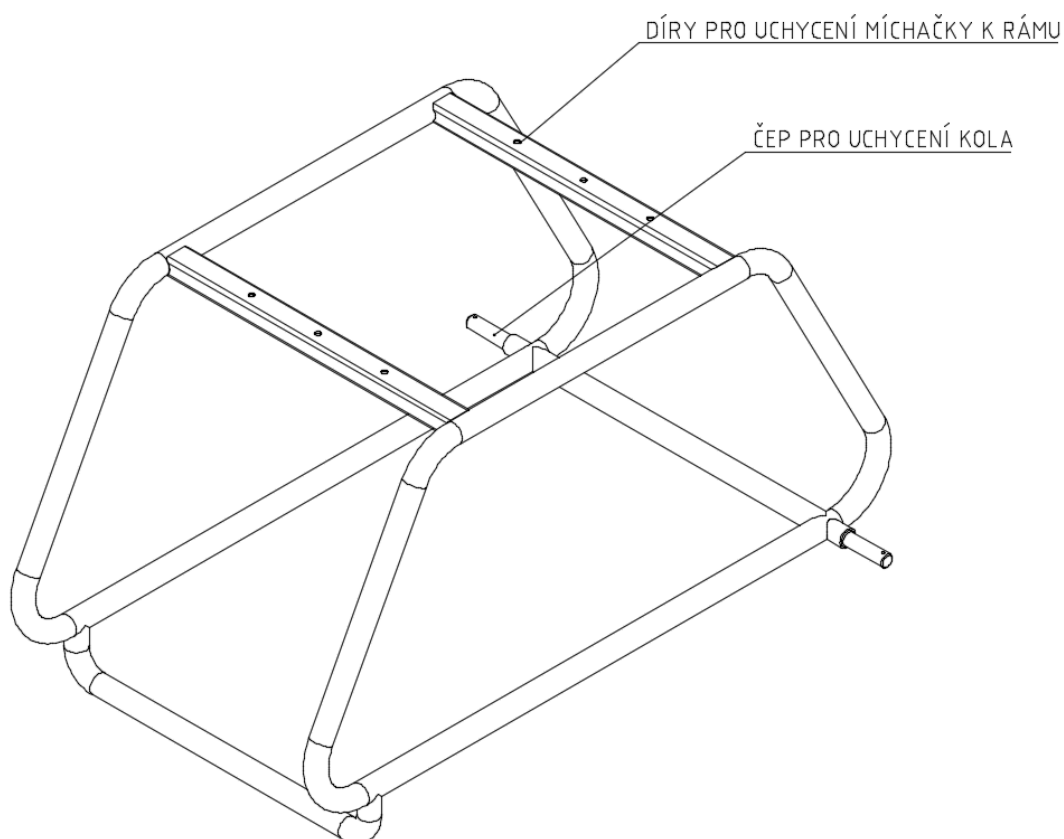
Obr. 4.13 Rozměry kluzného ložiska z masivního bronzu [20]

Dle katalogu SKF [20] je dovolený měrný tlak pro dané ložisko dynamicky zatížené $p_{DI} = 50\text{MPa}$ → Navržené ložiska s velkou bezpečností splňují podmínku dovoleného měrného tlaku jak v axiálním, tak i radiálním směru.

4.9 Návrh rámu kontinuální míchačky

Rám míchačky je svařen z hladkých bezešvých kruhových a obdélníkových ocelových trubek. Obdélníkové profily slouží k uchycení míchačky k rámu pomocí šesti šroubů M10. Ve spodní části rámu jsou přivařeny čepy, které slouží pro uchycení kol viz obr. 4.14.

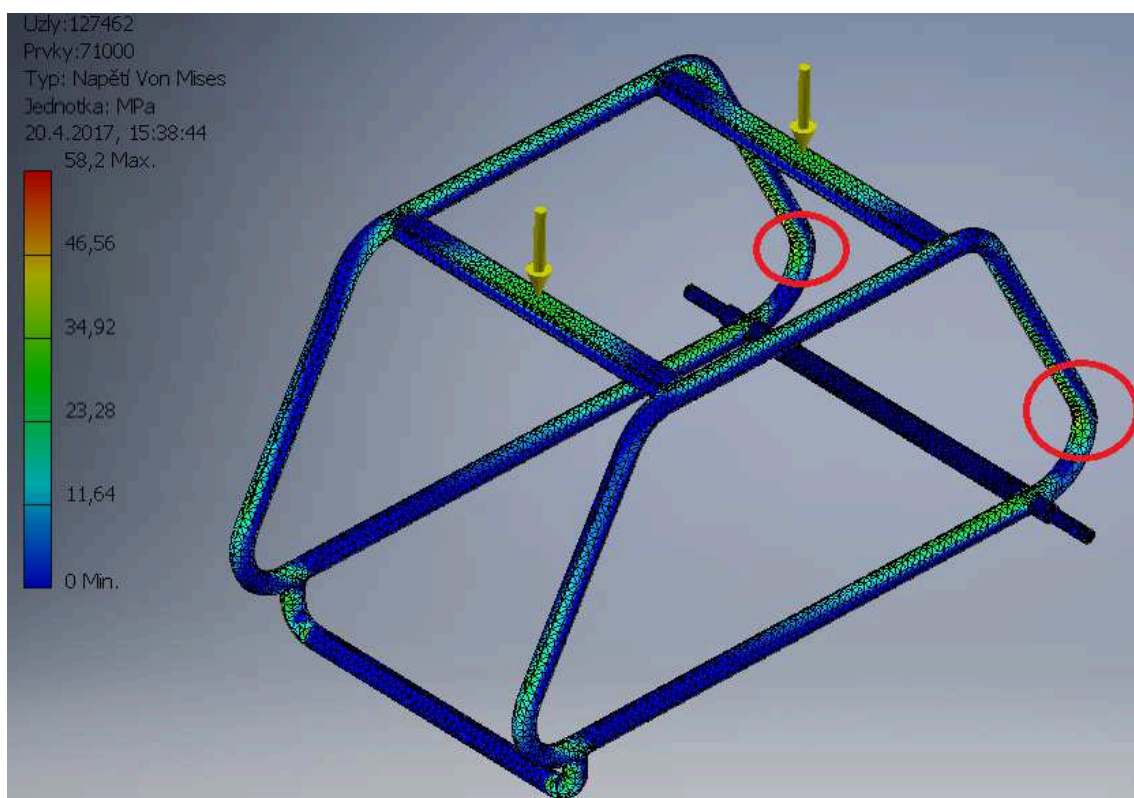
Kruhové trubky jsou určeny dle normy ČSN 42 5715 a jejich rozměr je 40x4. Rozměry obdélníkových profilů jsou zvoleny z normy ČSN 42 5720 - 50x35x3.



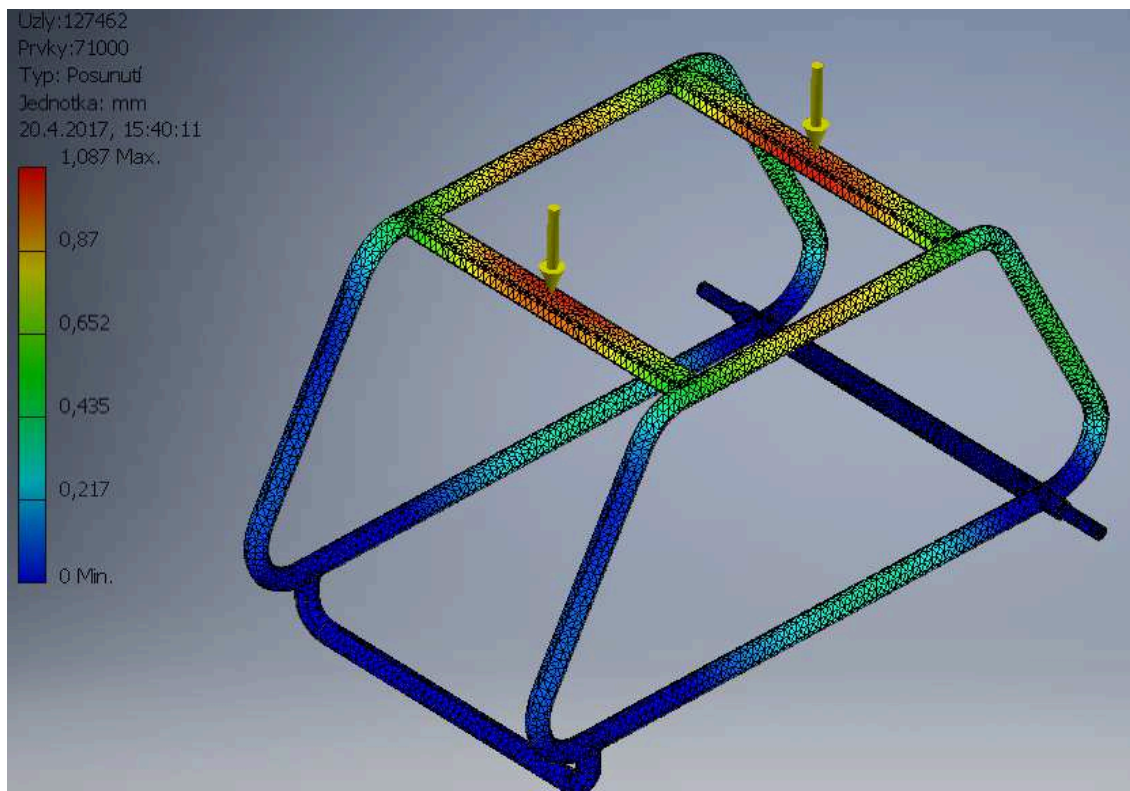
Obr. 4.14 Nosný rám míchačky

4.9.1 Pevnostní kontrola rámu

Na rám působí zatížení od hmotnosti konstrukce míchačky a od míchané směsi. Výsledná hmotnost je 500 kg. Předpokládá se, že zatížení je rovnoměrně rozloženo na oba obdélníkové profily. Výpočet je proveden metodou konečných prvků. Zjistí se průběh napětí a deformace viz obr. 4.15 a obr. 4.16.



Obr. 4.15 Průběh napětí na rámu



Obr. 4.16 Deformace rámu

Maximální napětí na rámu je 58 MPa a to v místě zaoblení kruhových trubek - viz obr. 4.15. K největšímu průhybu dojde uprostřed obdélníkových profilů viz obr. 4.16. Velikost prohnutí je 1 mm . Toto prohnutí se zmenší, když se přišroubuje míchačka k rámu - dojde k vyztužení obdélníkového profilu. Materiál rámu je ocel 11 373. Pro tuto ocel je mez dovoleného napětí 100 MPa [7]. Navržený rám z hlediska pevnosti a tuhosti vyhovuje.

5. PEVNOSTNÍ KONTROLA LOPATEK MÍCHADLA

Lopatky jsou ke hřídeli uchyceny pomocí svaru. Během otáčení míchadla dochází k působení odporové síly proti míchání. Tlak působící na lopatky vyvolává namáhání na ohyb. Materiál lopatek je ocel 11 600. Dle [7] je zvolena hodnota dovoleného napětí v ohybu $\sigma_{Do} = 150 \text{ MPa}$

Jelikož se jedná o kontrolu, tak se bude počítat s tím nejhorší zatížením a z tohoto důvodu se výsledná síla ještě vynásobí součinitelem navýšení výkonu k_p při přetížení, ke kterému může dojít v důsledku ponechání namixované směsi v míchačce.

5.1 Pevnostní kontrola natočené lopatky

Odpor proti otáčení natočené lopatky působí v jejím středu plošky dS . Vypočte se dle vztahu (15), který je použit a upraven z literatury [1]. Rozměry lopatek viz kapitola 4.

5.1.1 Tlak působící na natočenou lopatku

Tato hodnota tlaku se využije pro kontrolu lopatky na ohyb pomocí aplikace MKP, kdy se bude kontrolovat průběh napětí a deformace - viz obr. 5.1 a 5.2.

$$p_{kn} = \frac{F_{kn}}{S_{kn}} = \frac{219,2}{4400} = 0,05 \text{ MPa} \quad (14)$$

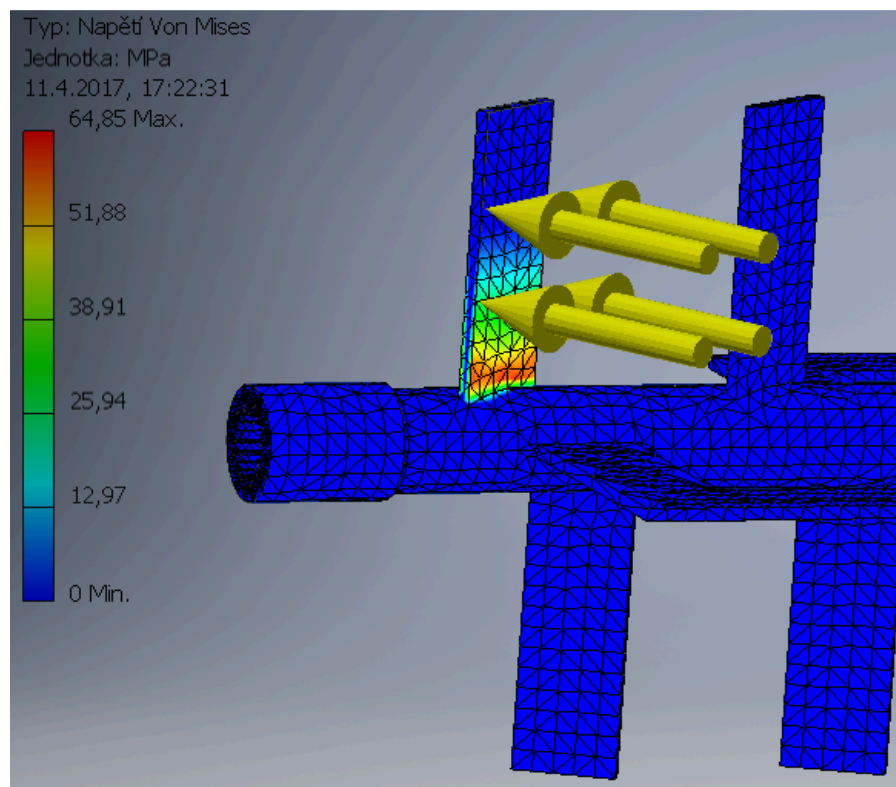
Síla působící na lopatku natočenou pod úhlem 30°

$$F_{kn} = k_p \cdot k_r \cdot b_1 \cdot \cos\alpha \cdot \int_{r_1}^{r_2} dr = k_p \cdot k_r \cdot b_1 \cdot \cos\alpha \cdot (r_2 - r_1) \quad (15)$$

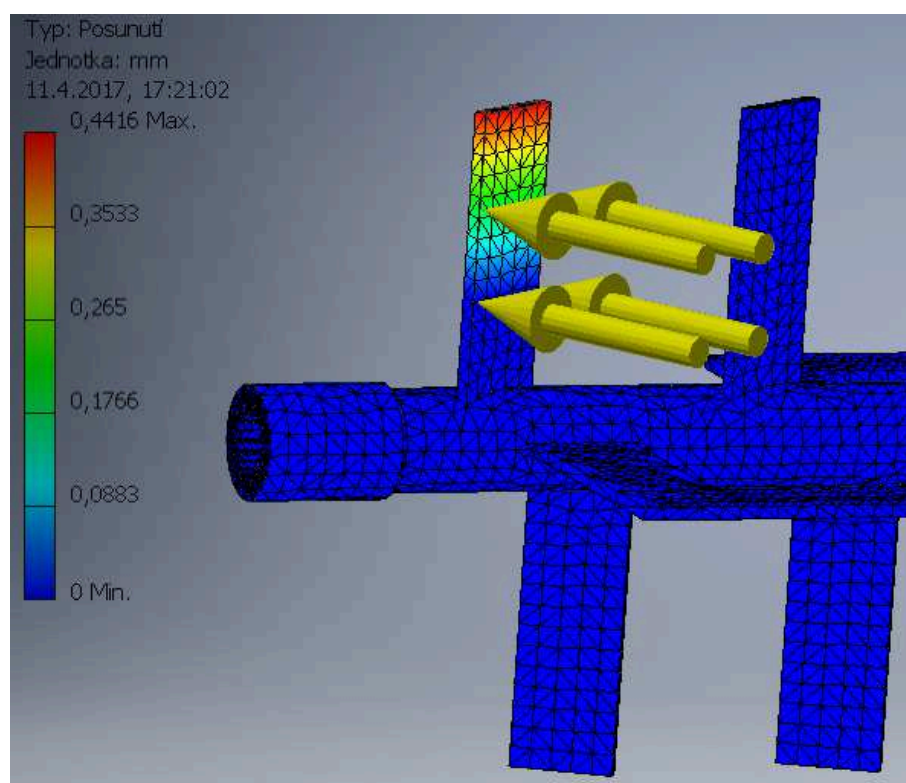
$$F_{kn} = 2,3 \cdot 25000 \cdot 0,04 \cdot \cos 30^\circ \cdot (0,13 - 0,020) = 219,2 \text{ N}$$

Plocha lopatky

$$S_{kn} = b_1 \cdot (r_2 - r_1) = 0,04 \cdot (0,13 - 0,02) = 4400 \text{ mm}^2$$



Obr. 5.1 Průběh napětí na natočené lopatce



Obr. 5.2 Deformace natočené lopatky

Maximální napětí se nachází v místě spoje lopatky a hřídele viz obr. 5.1, kdy $\sigma_{on} = 65 \text{ MPa}$. K největší deformaci lopatky dojde na její konci. Velikost deformace je rovna $0,44 \text{ mm}$ viz obr. 5.2.

Podmínka $\sigma_{on} \leq \sigma_{Do} \rightarrow 65 \text{ MPa} < 150 \text{ MPa}$ je splněna a proto daná lopatka s dostatečnou bezpečností vyhovuje.

5.2 Pevnostní kontrola rovnoběžné lopatky

Při kontrole rovnoběžné lopatky se bude vycházet ze vztahu (16), který je použit a upraven z literatury [1]. Rozměry lopatek viz kap. 4.

5.2.1 Tlak působící na rovnoběžnou lopatku

Tato hodnota je použita pro výpočet metodou MKP - viz obr. 5.3 a obr. 5.4.

$$p_{kr} = \frac{F_{kr}}{S_{kr}} = \frac{828}{14400} = 0,058 \text{ MPa}$$

Síla působící na rovnoběžnou lopatku

$$F_{kr} = 3 \cdot k_p \cdot k_r \cdot b_2 \cdot \int_{r_1}^{r_2} dr + k_p \cdot k_r \cdot b_3 \cdot \int_{r_3}^{r_2} dr \quad (16)$$

$$F_{kr} = 3 \cdot k_p \cdot k_r \cdot b_2 \cdot (r_2 - r_1) + k_p \cdot k_r \cdot b_3 \cdot (r_2 - r_3)$$

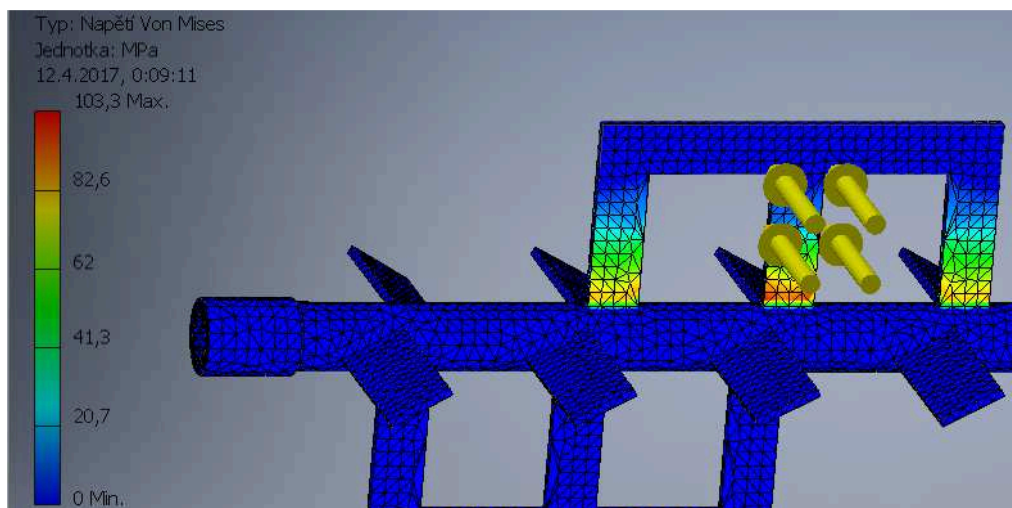
$$F_{kr} = 3 \cdot 2,3 \cdot 25000 \cdot 0,03 \cdot (0,13 - 0,020) + 2,3 \cdot 25000 \cdot 0,15 \cdot (0,13 - 0,1)$$

$$F_{kr} = 828 \text{ N}$$

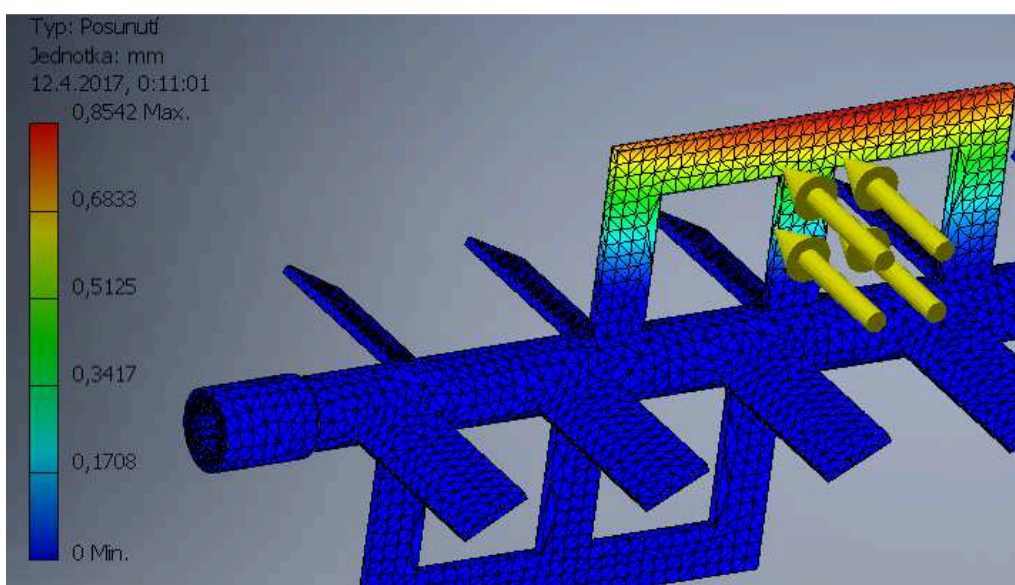
Plocha lopatky

$$S_{kr} = 3 \cdot b_2 \cdot (r_2 - r_1) + b_3 \cdot (r_2 - r_3) = 3 \cdot 30 \cdot (130 - 20) + 150 \cdot (130 - 100)$$

$$S_{kr} = 14400 \text{ mm}^2$$



Obr. 5.3 Průběh napětí na rovnoběžné lopatce



Obr. 5.4 Deformace rovnoběžné lopatky

Maximální ohybové napětí je v místě spoje lopatky a hřídele viz obr. 5.3. Hodnota napětí $\sigma_{or} = 103 \text{ MPa}$. Posunutí lopatky je rovno $0,85 \text{ mm}$ viz obr. 5.4. Tato lopatka je namáhána víc, než lopatka natočená, z důvodu větší plochy na obvodu.

Podmínka $\sigma_{or} \leq \sigma_{Do} \rightarrow 103 \text{ MPa} < 150 \text{ MPa}$ je splněna a proto daná lopatka s dostatečnou bezpečností vyhovuje.

6. ÚDRŽBA MÍCHAČKY

Pro správnou funkci míchačky je nutno provádět pravidelnou údržbu. Po každém použití, kdy bude míchačka odstavena na více než půl hodiny, je potřeba jí vyčistit od míchané směsi. To lze provést tak, že se přivede voda do násypky a nechá se prolít celou funkční částí až k výstupu. Pro odtok zbytkové vody, která zůstane v mísící části, slouží výpustná kapsa. Pokud se nebude míchačka používat dlouhou dobu, musí být důkladně očištěná. Z tohoto hlediska je navržena tak, aby byla co nejjednodušeji rozmontovatelná. Pomočí tří křídlových matic se odšroubuje přední víko a vyndá se míchadlo (viz obr 6.1). Následně se ve směru hodinových ručiček odtočí kryt míchadla. Takhle rozebranou míchačku lze kvalitně vyčistit. Pokud by bylo ještě potřeba, může se odšroubovat i příruba s motorem a vyndat šnek.



Obr. 6.1 Navržená kontinuální míchačka

7. ZÁVĚR

Výsledkem této práce je konstrukční návrh kontinuální míchačky, která slouží pro přípravu směsi ze suchých pytlovaných maltových směsí na bázi cementu. Parametry navržené míchačky jsou uvedeny v Tab. 7.1.

V úvodu práce je rozebrána problematika míchání a míchacích strojů. Následně je proveden průzkum na trhu. Hlavním bodem je konstrukční návrh míchačky, kde se řešila velikost šnekového dopravníku, rozměry a tvar míchadla, uložení hřídelí a konstrukce rámu. Při volbě šneku se vycházelo z objemu dopravovaného množství směsi. Pro pohon byl zvolen třífázový čtyřpólový asynchronní elektromotor s čelní převodovkou od firmy SEW. Přenos krouticího momentu z převodovky na šnekovou hřídel je zajištěn trubkovou spojkou, která je pro tyto podmínky vyhovující. Aby byla míchačka lehce rozmontovatelná, je hřídel míchadla a šneku rozdělena na dvě samostatné části. Pro přenos krouticího momentu z hřídele šneku na hřídel míchadla bylo navrženo rovnoboké drážkování. Obě hřídele jsou uloženy v kluzných ložiskách, kdy při volbě typu a těsnění ložisek se bylo inspirováno u konkurenčních výrobců. Míchačka je uložena na pojízdném rámu, který je svařen z kruhových a obdélníkových trubek. Některé navržené části míchačky byly podrobeny pevnostní kontrole a to ty, které jsou namáhané nejvíc. Mezi ně patřily lopatky míchadla, ložiska hřídelí a nosný rám. Všechny kontrolované části splnily podmínky pevnosti a tuhosti.

Tab. 7.1 Technické parametry navržené kontinuální míchačky

Technický výkon	40 <i>l/min</i>
Maximální velikost zrna	4 <i>mm</i>
Napájecí soustava	230/400 V, 50 Hz
Jmenovitý příkon	5,5 <i>kW</i>
Přívod vody	G 3/4''
Rozměry (d,š,v)	2700 x 960 x 1610 <i>mm</i>
Hmotnost	280 <i>kg</i>

8 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] PACAS, Blahoslav. *Teorie stavebních strojů*. 2.vyd. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1986
- [2] POLICKÝ, Zdeněk. *Keramické a úpravářenské stroje I*. 2.vyd. Brno: VUT Brno, 1989. ISBN 80-214-1066-3
- [3] GAJDŮŠEK, Jaroslav a Miroslav ŠKOPÁN. *Teorie dopravních a manipulačních zařízení*. 1.vyd. Brno: Vysoké učení technické, 1988.
- [4] MARŠÁL, Petr. *Stavební stroje*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2004. ISBN 80-214-2774-4.
- [5] DRAŽAN, František. *Teorie a stavba dopravníků*. Praha: České vysoké učení technické, 1983.
- [6] BOLEK, Alfréd., KOCHMAN, Josef. a kol. *Částí strojů I,II*. Praha: SNTL,1989. 776s . ISBN 80-03-0046-7.
- [7] LEINVEBER, Jan a Pavel VÁVRA. *Strojnické tabulky: pomocná učebnice pro školy technického zaměření*. 3., dopl. vyd. Úvaly: Albra, 2006, xiv, 914 s. ISBN 80-7361-033-7.
- [8] KALÁB, Květoslav. *Části a mechanismy strojů pro bakaláře*. 1. vyd. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2008, 128 s. ISBN 978-80-248-1860-3.
- [9] KALÁB, Květoslav. *Návrh a výpočet spojů pro přenos krouticího momentu z hřídele na náboj: vysokoškolská příručka*. Ostrava: VŠB - Technická univerzita, 2011, 31 s. ISBN 80-248-0542-1.
- [10] SHIGLEY, Joseph Edward, Charles R. MISCHKE a Richard Gordon BUDYNAS, HARTL, Martin a Miloš VLK, ed. *Konstruování strojních součástí*. Přeložil Martin HARTL. V Brně: VUTIMUM, 2010. ISBN 978-80-214-2629-0.
- [11] MORAVEC, Vladimír a Jiří HAVLÍK. *Výpočty a konstrukce strojních dílů*. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2005. ISBN 80-248-0878-1.

- [12] MORAVEC, Vladimír. *Základní teze z předmětu Části a mechanismy strojů III*. Ostrava, 2000, 28s.
- [13] ČSN ISO 1050. *Zařízení pro plynulou dopravu: Šnekové dopravníky*. Praha: Český normalizační institut, 1993. 8s.
- [14] ZEGZULKA, Jiří. *Mechanika sypkých hmot*. Ostrava: VŠB - Technická univerzita, 2004. ISBN 80-248-0699-1.
- [15] MÍCHÁNÍ V KAPALNÉM PROSTŘEDÍ - PDF. *Představujeme Vám pohodlné a bezplatné nástroje pro publikování a sdílení informací*. [online]. Copyright © DocPlayer.cz [cit. 19.04.2017]. Dostupné z: <http://docplayer.cz/10565401-Michani-v-kapalnem-prostredi.html>
- [16] Kontinuální míchačka M-TEC Calypso D30 od KVK. *Krkonošské vápenky Kunčice* [online]. Copyright © 2017 Krkonošské vápenky Kunčice, a.s. [cit. 20.04.2017]. Dostupné z: <http://www.kvk.cz/servis/strojni-zarizeni/kontinualni-michacka-m-tec-calypso-d30/>
- [17] Kontinuální míchačka KM 40 | Filamos. *Filamos | důlní a stavební technika* [online]. Copyright © 2017. Všechna práva vyhrazena. [cit. 20.04.2017]. Dostupné z: <http://www.filamos.cz/stavebni-stroje/michacky/kontinualni-michacka-km-40/>
- [18] PFT horizontálna kontinuálna miešačka HM 24 . *Vitajte v Lorencic s.r.o.: Technika + Servis pre stavebných profesionálov!* [online]. Dostupné z: <https://www.lorencic.sk/pft-hm-24-s-gumenou-miesacou-rurou-a-odnimatenou-prirubou-vys-M08-8-1-3.htm>
- [19] Online Support | SEW-EURODRIVE. [online]. Dostupné z: https://www.sew-eurodrive.cz/os/catalog/products/drives/acgearmotor/default.aspx?language=cs_CZ&country=CZ
- [20] SKF Ložiska, a.s., *Kluzná pouzdra*. [online]. 2003 [cit. 23.04.2017]. Dostupné z: <http://www.tpb.cz/editor/filestore/File/SKF%20-%20KluznaPouzdra.pdf>

9 SEZNAM PŘÍLOH

- | | |
|--|-------------------------|
| • Sestavný výkres kontinuální míchačky | SN2KIK01 - CIE0047 - 01 |
| • Svařenec příruby motoru | SN2KIK01 - CIE0047 - 05 |
| • Výrobní výkres trubkové spojky | SN2KIK01 - CIE0047 - 13 |